

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **10072286 A**

(43) Date of publication of application: **17 . 03 . 98**

(51) Int. Cl.

**C30B 29/04**  
**C23C 16/26**

(21) Application number: **08230550**

(22) Date of filing: **30 . 08 . 96**

(71) Applicant: **MITSUBISHI ELECTRIC CORP**

(72) Inventor: **KAJITA NAOYUKI**  
**YAMAJI SHIGERU**  
**NAKATANI HAJIME**

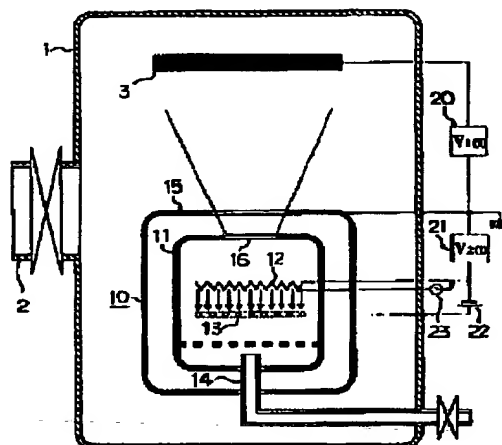
**(54) DEVICE FOR FORMING DIAMOND-LIKE CARBON THIN FILM**

**(57) Abstract:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a device capable of forming diamond thin film having good adhesion to a substrate, high hardness and excellent flatness.

**SOLUTION:** This device is provided with a gas ion source 10 having a thermoelectron emission means 12 and an accelerating electrode 15 for accelerating ions toward a substrate 3, a first bias means 20 for applying a voltage to between the substrate 3 and the accelerating electrode 15 and a second bias means 21 for applying a voltage to between the thermoelectron emission means 12 and the accelerating electrode 15, wherein each of the first and second bias means 20 and 21 is capable of applying the voltage as a function of time.

**COPYRIGHT:** (C)1998,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-72286

(43) 公開日 平成10年(1998) 3月17日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

C 3 0 B 29/04

C 3 0 B 29/04

A

C 2 3 C 16/26

C 2 3 C 16/26

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号

特願平8-230550

(22) 出願日

平成 8 年(1996) 8 月30日

(71) 出願人 000006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(72) 発明者 梶田 直幸

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三

菱電機株式会社内

(72) 発明者 山地 茂

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三

菱電機株式会社内

(72) 発明者 中谷 元

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三

菱電機株式会社内

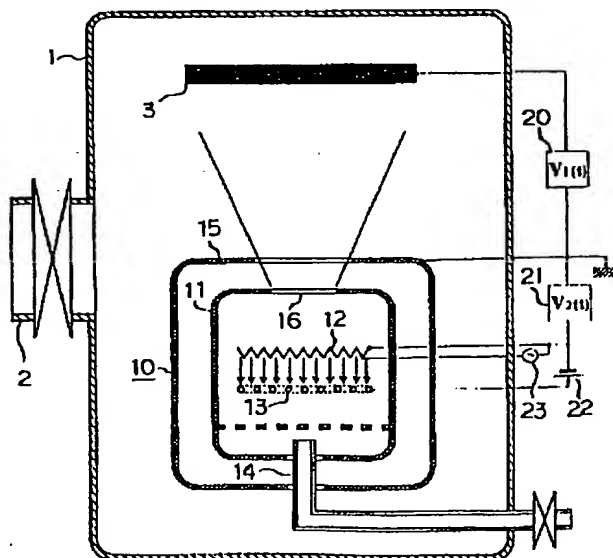
(74) 代理人 弁理士 宮田 金雄 (外 3 名)

(54) 【発明の名称】 ダイヤモンドライクカーボン薄膜形成装置

(57) 【要約】

【課題】 基材との密着性のよい、高硬度の、平坦性のよいダイヤモンド薄膜が形成できる装置を得る。

【解決手段】 熱電子放出手段12と、基材3に向けてイオンを加速する加速電極15とを有するガスイオン源10を備えるとともに、加速電極15に対して基材3に電圧を印加する第1のバイアス手段20と熱電子放出手段12に電圧を印加する第2のバイアス手段21とを備え、第1、第2のバイアス手段はそれぞれ時間の関数として電圧を印加できるようにした。



1 : 真空槽

3 : 基材

10 : ガスイオン源

11 : 反応ガス導入室

12 : 熱電子放出手段

13 : 熱電子引出し電極

15 : 加速電極

20 : 第1のバイアス手段

21 : 第2のバイアス手段

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 基材にダイヤモンドライクカーボン薄膜を形成する薄膜形成装置において、内部を所定の真空度に保持して上記基材を収容する真空槽と、上記基材に対向して設けられ、解離された炭素と炭素イオン、および解離された水素と水素イオンを発生させるガスイオン源とを備え、このガスイオン源は、上記基材に向かってオリフィスが設けられ、かつガスが導入される反応ガス導入室と、この反応ガス導入室内に設けられて熱電子を放出する熱電子放出手段と、この熱電子放出手段から熱電子を引出す熱電子引出し電極と、上記反応ガス導入室の外側に設けられ、上記基材に向けて上記イオンを加速する加速電極とからなり、この加速電極に対して上記基材に時間の関数として電圧を印加できる第1のバイアス手段と、上記加速電極に対して上記熱電子放出手段に時間の関数として電圧を印加できる第2のバイアス手段とを備えたことを特徴とするダイヤモンドライクカーボン薄膜形成装置。

【請求項2】 第1のバイアス手段により、加速電極に対して基材に印加する電圧は、直流あるいは時間的に変化する負電圧であることを特徴とする請求項1記載のダイヤモンドライクカーボン薄膜形成装置。

【請求項3】 第1のバイアス手段により、加速電極に対して基材に印加する電圧は、正と負に交番する電圧であることを特徴とする請求項1記載のダイヤモンドライクカーボン薄膜形成装置。

【請求項4】 第2のバイアス手段により、加速電極に対して熱電子放出手段に印加する電圧は、直流あるいは時間的に変化する正電圧であることを特徴とする請求項1記載のダイヤモンドライクカーボン薄膜形成装置。

【請求項5】 第2のバイアス手段により、加速電極に対して熱電子放出手段に印加する電圧は、正と負に交番する電圧であることを特徴とする請求項1記載のダイヤモンドライクカーボン薄膜形成装置。

【請求項6】 正と負に交番する電圧は、負の時間が正の時間よりも長いことを特徴とする請求項3または請求項5記載のダイヤモンドライクカーボン薄膜形成装置。

【請求項7】 正と負に交番する電圧は、正の時間が負の時間よりも長いことを特徴とする請求項3または請求項5記載のダイヤモンドライクカーボン薄膜形成装置。

【請求項8】 第1のバイアス手段により、加速電極に対して基材に印加する電圧と、第2のバイアス手段により、加速電極に対して熱電子放出手段に印加する電圧とは、互いに同期した電圧であることを特徴とする請求項1記載のダイヤモンドライクカーボン薄膜形成装置。

【請求項9】 基材にダイヤモンドライクカーボン薄膜を形成する薄膜形成装置において、内部を所定の真空度に保持して上記基材を収容する真空槽と、上記基材に対向して設けられ、解離された炭素と炭素イオン、および解離された水素と水素イオンを発生させるガスイオン源

とを備え、このガスイオン源は、上記基材に向かってオリフィスが設けられ、かつガスが導入される反応ガス導入室と、この反応ガス導入室内に設けられて熱電子を放出する熱電子放出手段と、この熱電子放出手段から熱電子を引出す熱電子引出し電極と、上記反応ガス導入室の外側に設けられ、上記基材に向けて上記イオンを加速する加速電極とからなり、上記加速電極に対して上記熱電子放出手段に時間の関数として電圧を印加できるバイアス手段を備えるとともに、上記基材の電位を上記加速電極と同電位にしたことを特徴とするダイヤモンドライクカーボン薄膜形成装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、ダイヤモンドライクカーボン薄膜を形成する装置に関するものであり、特にガスイオン源を用いたダイヤモンドライクカーボン薄膜形成装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来から、金型、工具、摺動部材、光・磁気ディスク装置の記録媒体などの表面を保護するハードコーティング膜として、ダイヤモンドライクカーボン(DLC)薄膜の利用が図られている。図33は、例えば特開昭63-185893号公報に示された従来のマイクロ波プラズマを用いたDLC薄膜形成装置の断面図である。図において、1は内部を真空に保つ真空槽、101は真空槽1内で基材3を保持する基材ホルダー、6は基材ホルダーに設けられて基材3を加熱するヒーター、103、104は真空槽1内へ反応ガスを導入するための反応ガス導入口、102は真空槽1内へマイクロ波を印加するための導波管、105は真空槽1内に磁界を生じさせる電磁石である。

【0003】次に動作について説明する。真空槽1内で基材ホルダー101に基材3を保持させる。次いで、ヒーター6により基材3を300～900℃に加熱するとともに、真空槽1内の真空度を $10^{-3}$ ～ $10^{-5}$ Torrに保持する。続いて反応ガス導入口103および104からCH<sub>4</sub>、C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>などの反応ガスを真空槽1内に供給し、電磁石105により真空槽1内に磁場を印加するとともに、導波管102から出力300～600Wのマイクロ波を印加して真空槽1内にマイクロ波プラズマを発生させ、励起炭素が基材3上に到達することにより、基材3上にDLC薄膜を形成する。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】上記のような従来のプラズマCVDを用いたダイヤモンドライクカーボン(DLC)薄膜形成装置では、基材の熱変形や変質を防止するために薄膜形成時の基材の温度を低くした場合、膜質が悪くなったり、膜の付着強度が低くなるという問題があった。また、絶縁物であるDLC薄膜の形成中にチャージアップによる放電のために、薄膜表面に荒れが発生

するという問題があった。本発明は、上記のような問題を解決するためになされたもので、基材との密着性の良い、高硬度の、また平坦性のよいDLC薄膜を形成できるDLC薄膜形成装置を得ることを目的とする。

#### 【0005】

【課題を解決するための手段】この発明に係るDLC薄膜形成装置は、熱電子放出手段と、DLC膜が形成される基材に向けてイオンを加速する加速電極とを有するガスイオン源を備えるとともに、加速電極に対して基材に時間の関数として電圧を印加できる第1のバイアス手段と、加速電極に対して熱電子放出手段に時間の関数として電圧を印加できる第2のバイアス手段を備えたものである。

【0006】さらに、第1のバイアス手段により基材に印加する電圧は、直流あるいは時間的に変化する負電圧としものである。また、第1のバイアス手段により基材に印加する電圧は、正と負に交番する電圧としたものである。

【0007】また、第2のバイアス手段により熱電子放出手段に印加する電圧は、直流あるいは時間的に変化する正電圧としたものである。また、第2のバイアス手段により熱電子放出手段に印加する電圧は、正と負に交番する電圧としたものである。

【0008】さらに、正と負に交番する電圧は、負の時間が正の時間よりも長いものである。また、正と負に交番する電圧は、正の時間が負の時間よりも長いものである。

【0009】また、第1のバイアス手段により基材に印加する電圧と、第2のバイアス手段により熱電子放出手段に印加する電圧とは、互いに同期した電圧としたものである。

【0010】また、加速電極に対して熱電子放出手段に時間の関数として電圧を印加できるバイアス手段を備えるとともに、基材の電位を加速電極と同電位にしたものである。

#### 【0011】

##### 【発明の実施の形態】

実施の形態1. 図1はこの発明の実施の形態1を示すダイヤモンドライクカーボン(DLC)薄膜形成装置の断面図である。図において、1は内部を真空に保持する真空槽、2は真空槽1内の排気を行う排気系、3は表面にDLC薄膜が形成される例えば超硬合金のような基材であり、図示しないホルダーにより真空槽1内に保持されている。10は基材3に対向して設けられ、解離された炭素と炭素イオン、および解離された水素と水素イオンを発生させるガスイオン源、11は内部にDLC薄膜の原材料である炭素(C)を含む炭化水素系の反応ガスが導入される反応ガス導入室であり、イオンなどを放出でき、かつ流路抵抗を大きくして真空槽1との間に差圧が与えられるようにオリフィス(図示せず)が、基材3と

の対向部16に設けられている。

【0012】12はタングステンワイヤーあるいはタンタルワイヤーなどで構成され、反応ガス導入室11内に設けられた熱電子放出手段、13は平行配置された細い金属線で構成され、反応ガス導入室11内に設けられた熱電子引出し電極、14は反応ガス導入室11につながつて、その内部に反応ガスを導入する反応ガス導入管、15は反応ガス導入室11の外側に設けられて基材3に向けてイオンを加速する加速電極であり、反応ガス導入室11、熱電子放出手段12、熱電子引出し電極13、反応ガス導入管14および加速電極15でガスイオン源10を構成している。

【0013】20は加速電極15に対して基材3に時間の関数として電圧を印加できる第1のバイアス手段、21は加速電極15に対して熱電子放出手段12に時間の関数として電圧を印加できる第2のバイアス手段、22は熱電子引出し電極13の電位を熱電子放出手段12に対して正方向にバイアスする直流電源、23は熱電子放出手段12を作動させるための交流電源である。加速電極15および第1、第2のバイアス手段20、21の一端は接地している。

【0014】次に動作について説明する。まず、排気系2により真空槽1内を $1 \times 10^{-6}$ Torr程度の真空度に排気した後、図示しない基材温度調整機構により、基材温度を $100^{\circ}\text{C} \sim 250^{\circ}\text{C}$ に調整して、反応ガス導入管14から反応ガス導入室11内へ反応性ガスである炭化水素系のガスを導入し、ガスを熱電子引出し電極13および熱電子放出手段12に向けて噴出させ、反応ガス導入室11内の真空度を $1 \times 10^{-2} \sim 1 \times 10^{-1}$ Torrに調整する。そして、交流電源23から熱電子放出手段12に電力を供給し、 $2000^{\circ}\text{C}$ 程度に加熱することにより、熱電子の供給が可能な状態にする。次いで、直流電源22から $50 \sim 800\text{V}$ 程度の電圧を印加して、熱電子引出し電極13の電位を熱電子放出手段12に対して正方向にバイアスし、熱電子放出手段12から $1 \sim 3\text{A}$ 程度の電子を熱電子引出し電極13に向けて、図中矢印のように照射させる。反応ガス導入室11内の炭化水素系のガスは、この電子の照射、および加熱された熱電子放出手段12への接触などにより、励起、解離、およびイオン化される。

【0015】このとき、基材3および熱電子放出手段12にバイアス電圧を印加する。加速電極15の電位を基準として、第1のバイアス手段20により基材3に印加する電圧 $V_1(t)$ 、および第2のバイアス手段により熱電子放出手段12に印加する電圧 $V_2(t)$ のいくつかの例を図2～図5に示す。 $V_1(t)$ 、 $V_2(t)$ とも電圧は土数 $k\text{V}$ 以内、周波数は数 $\text{Hz} \sim$ 数十 $\text{kHz}$ とする。 $V_2(t)$ が正のときは反応ガス導入室11からイオン(正電荷)を取り出すことができ、逆に、負のときは電子を取り出すことができる。したがって、正負

のバイアス電圧の大きさ、正負の電圧を与える時間の比率を制御することにより、膜形成に関係する炭素イオン、水素イオンの運動エネルギーおよびイオン量、あるいは、基材3上のチャージアップを中和するための電子の運動エネルギーおよび電子量を効率よく制御することができる。ここでチャージアップについて説明する。DLCは絶縁物であるため、成膜時にイオンにより正電荷になるチャージアップ現象が生じる。電荷がたまると放電し、膜面が荒らされる。これを抑制するために電子を供給して帯電を中和し、膜の平坦度をよくするわけである。

【0016】さらに、ガスイオン源10から引出されたイオン、電子が基材3へ入射する運動エネルギーおよび量を $V1(t)$ により効率よく制御できる。すなわち、 $V1(t)$ が負のときはイオンにエネルギーを付与して基材3へ入射することができ、逆に、正のときは電子を供給することができるため、正負のバイアス電圧の大きさ、正負の電圧を与える時間の比率を制御することにより、炭素イオン、水素イオン、電子の運動エネルギーおよびそれらの量を制御することができる。また、 $V1(t)$ と $V2(t)$ の間で同期をとり、トータル的に $(V1(t) - V2(t))$ を制御することにより、炭素イオン、水素イオン、電子の運動エネルギーおよびそれらの量を制御することができる。

【0017】図2の場合、 $V1(t)$ と $V2(t)$ 間で同期をとり、ガスイオン源10から大量のイオンを引出すとともに、基材3への入射時には薄膜形成に適したエネルギーレベルに制御した場合を示している。まず、励起電離状態の反応ガス導入室11内からイオンを大量に取り出すために、図2(b)に示すように $V2(t)$ を正方向に大きなバイアス電圧とすることにより、このバイアス電圧に比例してイオンを大量に引出すことができる。同時に、図2(a)に示すように $V1(t)$ を正方向にバイアスすることにより、イオンを減速させ、トータル的には、つまり $(V1(t) - V2(t))$ は図2(c)に示すようになり、ガスイオン源10から引出されたイオンの運動エネルギーを適切なレベルに制御して、基材3へ入射させる。なお、 $V2(t)$ が負の期間はガスイオン源10から電子が引出され、 $(V1(t) - V2(t))$ により基板3へ入射する。

【0018】図3は、基板3との薄膜の密着力を増すために、基材3への注入などによりミキシング層を形成する場合、イオンスパッタをする場合などのように、イオンの運動エネルギーを大きなエネルギーレベルにした場合を示す。反応ガス導入室11からイオンを大量に引出すために、図3(b)に示すように $V2(t)$ を正方向に大きなバイアス電圧にする。同時に、同図(a)に示すように $V1(t)$ を負のバイアス電圧にすることにより、さらにイオンにエネルギーを付与し、トータル的には同図(c)に $(V1(t) - V2(t))$ として示す

ように大きな運動エネルギーをイオンに与えて、イオンスパッタが可能なエネルギーレベルに制御し、基材3へ入射する。

【0019】図4は $V1(t)$ 、 $V2(t)$ を交番電圧とするが、両者を同期させて同じ大きさとし、トータルとして零にした場合である。この場合は、 $V2(t)$ が正負に交番して、それぞれイオンと電子がガスイオン源10から取り出されるが、 $V1(t)$ により減速されて、イオンおよび電子が反応ガス導入室11内で有していた運動エネルギーにより、基材3へ入射する。図5は図4の場合と類似であるが、 $(V1(t) - V2(t))$ が一定の負電圧となるようにした場合であり、イオンにエネルギーが与えられる。

【0020】なお、図2～図5では矩形波と正弦波を示したが、三角波など他の波形でもよい。以上のようにして得られたDLC薄膜のラマン分析結果を図6に示す。図より、 $1550\text{ cm}^{-1}$ 付近に主ピークを持ち、 $1400\text{ cm}^{-1}$ 付近にショルダーバンドを有する非対称なラマンバンドが観察され、DLCの典型的なスペクトルを示しており、高品質のDLC薄膜が形成されたことがわかる。なお、比較のためにグラファイト薄膜のスペクトルを並示した。

【0021】なお、DLC薄膜を形成の前処理として、基材3表面のクリーニング処理を行ってもよい。その場合は、イオンクリーニングに適した、例えばアルゴンガスを反応ガス管14から反応ガス導入室11へ導入し、反応ガス導入室11の真空度を $1 \times 10^{-2}$ から $1 \times 10^{-1}\text{ Torr}$ にする。そして熱電子放出手段12を作動させ、熱電子引出し電極13に向けて電子を照射することにより、上記ガスのイオン化を行い、第2のバイアス手段21により、励起電離状態の反応ガス導入室11内からイオンを効率よく取り出し、第1のバイアス手段20によりそのイオンの基材3へ入射する運動エネルギー、量を制御する。この際、第1、第2のバイアス手段20、21のトータル電圧 $(V1(t) - V2(t))$ を $-0.5 \sim -3\text{ kV}$ 程度にすることにより、効果的にクリーニング処理ができる。以上のクリーニング処理により、基材3表面の水分、油脂成分、表面酸化物などの不純物を除去することができ、基材3とDLC薄膜の密着性が向上する。

【0022】実施の形態2. 図7は、実施の形態2において、DLC成膜時に第1のバイアス手段20により基材3へ印加する $V1(t)$ の電圧波形を示す。装置の構成など、図1の場合と同様の部分の説明は省略する。 $V1(t)$ は直流あるいは半波整流もしくは全波整流された負の電圧であり、イオンにエネルギーを与えて、密着性のよい、高硬度なDLC薄膜を得るものである。このとき、 $V2(t)$ は、イオンあるいは電子をガスイオン源10から取り出す電圧として、例えば図8(a)～(c)のいずれかに示す電圧とする。また、 $V1$

(t)、 $V_2(t)$  がいずれも直流ではなく、時間的に変動する電圧の場合は、両者を同期させるのが好ましい。

【0023】実施の形態3. 図9はDLC成膜時に、第1のバイアス手段20により基材3へ印加する $V_1(t)$ の電圧波形を示す。図1の場合と同様部分の説明は省略する。同図(a)は正弦波を示し、(b)～

(d)はこれを負側にバイアスした波形を示す。

(a)、(b)では電圧が正と負に交番し、(c)、

(d)では時間 $t$ により変化する負電圧になっている。ガスイオン源10から取り出したイオンに、電圧が負の期間にエネルギーを与え、正の期間に電子にエネルギーを与える。図10は図9の正弦波に代えて矩形波を用いた場合を示し、図9の場合と同様の効果がある。なお、これらの場合において、 $V_2(t)$ は、イオンあるいは電子をガスイオン源10から取り出す電圧として、例えば図8(b)あるいは(c)のような電圧とすればよい。

【0024】実施の形態4. 図11は、DLC成膜時の $V_1(t)$ の電圧波形を示す。図1の場合と同様部分の説明は省略する。 $V_1(t)$ の正の半波および負の半波はともに正弦波の半波形状であるが、負の期間が正の期間に比べて長くなっている。したがって、主としてイオンにエネルギーを与えると同時に、チャージアップ対策としての効果もある。図12は図11の正弦波に代えて矩形波を用いた場合を示し、図11の場合と同様の効果がある。なお、図11(a)、(b)および図12

(a)、(b)の場合、 $V_2(t)$ はイオンあるいは電子をガスイオン源10から取り出す電圧として、例えば図8(b)、(c)あるいは図13(a)、(b)のいずれかに示す電圧を用い、また、図11(c)、(d)および図12(c)、(d)の場合、 $V_2(t)$ は例えば図14(a)または(b)に示す電圧を用いればよい。

【0025】実施の形態5. 図15は、DLC成膜時の $V_1(t)$ の電圧波形を示す。図1の場合と同様の部分の説明は省略する。 $V_1(t)$ の正の半波および負の半波はともに正弦波の半波形状であるが、図11とは逆に、正の期間が負の期間に比べて長くなっている。したがって、主として基材3に電子を供給できるため、チャージアップ対策を十分に行うことができると同時に、イオンにもエネルギーを与えることができる。図16は図15の正弦波に代えて矩形波を用いた場合を示し、図15の場合と同様の効果がある。なお、図15(a)、

(b)および図16(a)、(b)の場合、 $V_2(t)$ はイオンあるいは電子をガスイオン源10から取り出す電圧として、例えば図17(a)～(d)のいずれかに示す電圧を用い、また、図15(c)、(d)および図16(c)、(d)の場合、 $V_2(t)$ は例えば図18(a)または(b)に示す電圧を用いればよい。また、

図7～図18に正弦波状あるいは矩形波状の波形を示したが、三角波など他の波形でもよい。

【0026】実施の形態6. 図19は実施の形態6を示すDLC薄膜形成装置の断面図である。図1と比べて、第1のバイアス手段(20)が設けられておらず、基材3の電位が加速電極15と同電位になっている。その他については図1の場合と同様であるので説明を省略する。この実施の形態においては、DLC薄膜形成時に、基材3へ入射するイオンおよび電子のエネルギーは第2のバイアス手段21のみにより制御されるので、操作が単純になるとともに、装置が簡略化される。

【0027】実施の形態7. 図20は、DLC成膜時に、第2のバイアス手段21により熱電子放出手段12へ印加する $V_2(t)$ の電圧波形を示す。図1の場合と同様の部分の説明は省略する。 $V_2(t)$ は直流あるいは半波整流もしくは全波整流された正の電圧であり、ガスイオン源から効率よくイオンを引出すことができるとともに、イオンにエネルギーを与えることができる。なお、これらの場合において、 $V_1(t)$ はイオンにエネルギーを与える電圧として、例えば図21(a)～(c)のいずれかの波形の電圧を用いる。

【0028】実施の形態8. 図22は、DLC成膜時の $V_2(t)$ の電圧波形を示す。図1の場合と同様の部分の説明は省略する。同図(a)は正弦波を示し、(b)～(d)はこれを正側にバイアスした波形を示す。

(a)、(b)では電圧が正と負に交番し、(c)、(d)では時間 $t$ により変化する正電圧になっている。電圧が正の期間にガスイオン源10からイオンを取り出し、負の期間に電子を取り出す。図23は図22の正弦波に代えて矩形波を用いた場合を示し、図22の場合と同様の効果がある。なお、これらの場合において、 $V_1(t)$ はイオンあるいは電子にエネルギーを与える電圧として、例えば図24(a)または(b)に示す電圧とする。

【0029】実施の形態9. 図25は、DLC成膜時の $V_2(t)$ の電圧波形を示す。図1の場合と同様の部分の説明は省略する。 $V_2(t)$ の正の半波および負の半波はともに正弦波の半波形状であるが、正の期間が負の期間に比べて長くなっている。したがって、主としてイオンにエネルギーを与えてガスイオン源10から取り出すとともに、電子も供給できる。図26は図25の正弦波に代えて矩形波を用いた場合を示し、図25の場合と同様の効果がある。なお、図25(a)、(b)および図26(a)、(b)の場合、 $V_1(t)$ はイオンあるいは電子にエネルギーを与える電圧として、例えば図21(b)、(c)あるいは図27(a)、(b)のいずれかに示す電圧を用い、また、図25(c)、(d)および図26(c)、(d)の場合、 $V_1(t)$ は例えば図28(a)または(b)に示す電圧を用いればよい。

【0030】実施の形態10. 図29は、DLC成膜時

の $V_2(t)$ の電圧波形を示す。図1の場合と同様の部分は説明を省略する。 $V_2(t)$ の正の半波および負の半波はともに正弦波の半波形状であるが、図25とは逆に、負の期間が正の期間よりも長くなっている。したがって、ガスイオン源10から、主として電子を供給してチャージアップ対策を十分に行うことができ、勿論イオンも供給できる。図30は図29の正弦波に代えて矩形波を用いた場合を示し、図29の場合と同様の効果がある。

【0031】なお、図29(a)、(b)および図30(a)、(b)の場合、 $V_1(t)$ はイオンあるいは電子にエネルギーを与える電圧として、例えば図24

(a)、(b)あるいは図31(a)、(b)のいずれかに示す電圧を用い、また、図29(c)、(d)および図30(c)、(d)の場合、 $V_1(t)$ は例えば図32(a)または(b)に示す電圧を用いればよい。また、図20～図31に正弦波状あるいは矩形波状の波形を示したが、三角波など他の波形としてもよい。

【0032】

【発明の効果】以上のように、この発明によるDLC薄膜形成装置は、加速電極に対して基材に電圧を印加する第1のバイアス手段と、熱電子放出手段に電圧を印加する第2のバイアス手段とを備え、それぞれ時間の関数として電圧を印加できるよう構成したので、これら第1、第2のバイアス手段による電圧を制御することにより、イオンにエネルギーを与えたり、あるいはチャージアップ対策として電子を基材に供給したり、また、それらの度合いを制御できるため、密着性が良く、高硬度で、平坦性のよい高品質のDLC薄膜が形成できる効果がある。

【0033】さらに第1のバイアス手段で基材に負電圧を印加することにより、イオンにエネルギーを与え、密着性のよい、高硬度のDLC薄膜が得られる。また、第1のバイアス手段の電圧を正負に交番する電圧にすることにより、イオンにエネルギーを与えたり、基材に電子を供給してチャージアップを中和したりすることができる。

【0034】また、第2のバイアス手段で熱電子放出手段に正電荷を印加することにより、イオンにエネルギーを与えるとともにガスイオン源からイオンを効率よく引出すことができる。また、第2のバイアス手段の電圧を正負に交番する電圧にすることにより、イオンにエネルギーを与えたり、ガスイオン源から電子を供給したりすることができる。

【0035】さらに、第1のバイアス手段による正負交番電圧の負の時間を正の時間よりも長くすることにより、主としてイオンにエネルギーを与えることができ、逆に、正の時間を長くすることにより、主として電子を基材に供給できる。また、第2のバイアス手段による正負交番電圧の正の時間を負の時間よりも長くすることにより、主としてイオンにエネルギーを与えることができ、逆に、負の時間を長くすることにより、主として電子をイオン源から供給できる。

【0036】また、第1、第2のバイアス手段の電圧を互いに同期させることにより両電圧トータルの電圧として制御することができ、イオンに与えるエネルギーおよび基材に供給する電子量などを制御できる。また、基材の電位を加速電位と同電位にすることにより、装置を比較的簡略にすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 この発明の実施の形態1を示すDLC薄膜形成装置の断面図である。

【図2】 この発明の実施の形態1における第1、第2のバイアス手段による電圧を示す波形図である。

【図3】 この発明の実施の形態1における第1、第2のバイアス手段による電圧を示す波形図である。

【図4】 この発明の実施の形態1における第1、第2のバイアス手段による電圧を示す波形図である。

【図5】 この発明の実施の形態1における第1、第2のバイアス手段による電圧を示す波形図である。

【図6】 薄膜のラマン分析結果を示すラマンスペクトル図である。

【図7】 この発明の実施の形態2における第1のバイアス手段による電圧を示す波形図である。

【図8】 この発明の実施の形態2における第2のバイアス手段による電圧を示す波形図である。

【図9】 この発明の実施の形態3における第1のバイアス手段による電圧を示す波形図である。

【図10】 この発明の実施の形態3における第1のバイアス手段による電圧を示す波形図である。

【図11】 この発明の実施の形態4における第1のバイアス手段による電圧を示す波形図である。

【図12】 この発明の実施の形態4における第1のバイアス手段による電圧を示す波形図である。

【図13】 この発明の実施の形態4における第2のバイアス手段による電圧を示す波形図である。

【図14】 この発明の実施の形態4における第2のバイアス手段による電圧を示す波形図である。

【図15】 この発明の実施の形態5における第1のバイアス手段による電圧を示す波形図である。

【図16】 この発明の実施の形態5における第1のバイアス手段による電圧を示す波形図である。

【図17】 この発明の実施の形態5における第2のバイアス手段による電圧を示す波形図である。

【図18】 この発明の実施の形態5における第2のバイアス手段による電圧を示す波形図である。

【図19】 この発明の実施の形態6を示すDLC薄膜形成装置の断面図である。

【図20】 この発明の実施の形態7における第2のバイアス手段による電圧を示す波形図である。

【図21】 この発明の実施の形態7における第1のバイアス手段による電圧を示す波形図である。

【図22】 この発明の実施の形態8における第2のバイアス手段による電圧を示す波形図である。

【図23】 この発明の実施の形態8における第2のバイアス手段による電圧を示す波形図である。

【図24】 この発明の実施の形態8における第1のバイアス手段による電圧を示す波形図である。

【図25】 この発明の実施の形態9における第2のバイアス手段による電圧を示す波形図である。

【図26】 この発明の実施の形態9における第2のバイアス手段による電圧を示す波形図である。

【図27】 この発明の実施の形態9における第1のバイアス手段による電圧を示す波形図である。

【図28】 この発明の実施の形態9における第1のバイアス手段による電圧を示す波形図である。

【図29】 この発明の実施の形態10における第2のバイアス手段による電圧を示す波形図である。

【図30】 この発明の実施の形態10における第2のバイアス手段による電圧を示す波形図である。

【図31】 この発明の実施の形態10における第1のバイアス手段による電圧を示す波形図である。

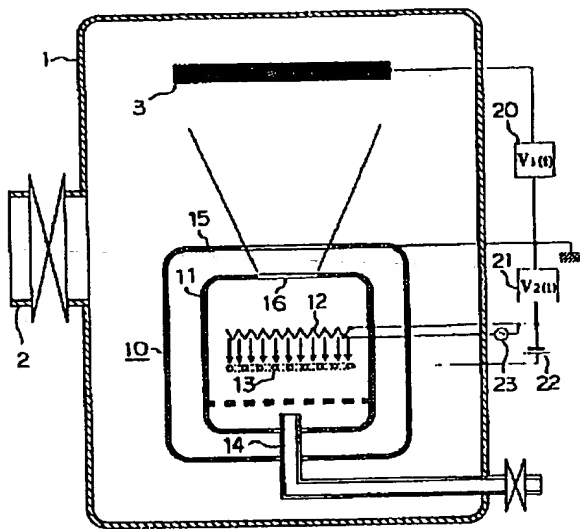
【図32】 この発明の実施の形態10における第1のバイアス手段による電圧を示す波形図である。

【図33】 従来のDLC薄膜形成装置の断面図である。

#### 【符号の説明】

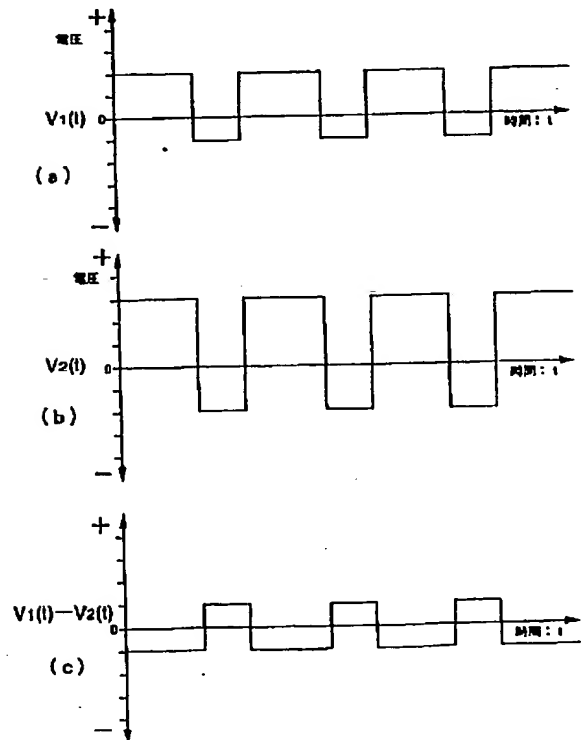
1 真空槽、3 基材、10 ガスイオン源、11 反応ガス導入室、12 熱電子放出手段、13 熱電子引出し電極、15 加速電極、20 第1のバイアス手段、21 第2のバイアス手段。

【図1】



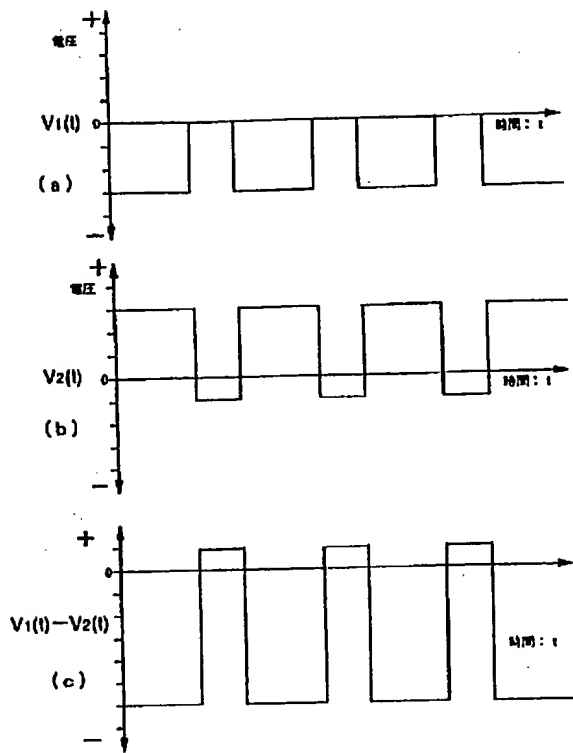
- |             |               |
|-------------|---------------|
| 1: 真空槽      | 13: 熱電子引出し電極  |
| 3: 基材       | 15: 加速電極      |
| 10: ガスイオン源  | 20: 第1のバイアス手段 |
| 11: 反応ガス導入室 | 21: 第2のバイアス手段 |
| 12: 熱電子放出手段 |               |

【図2】

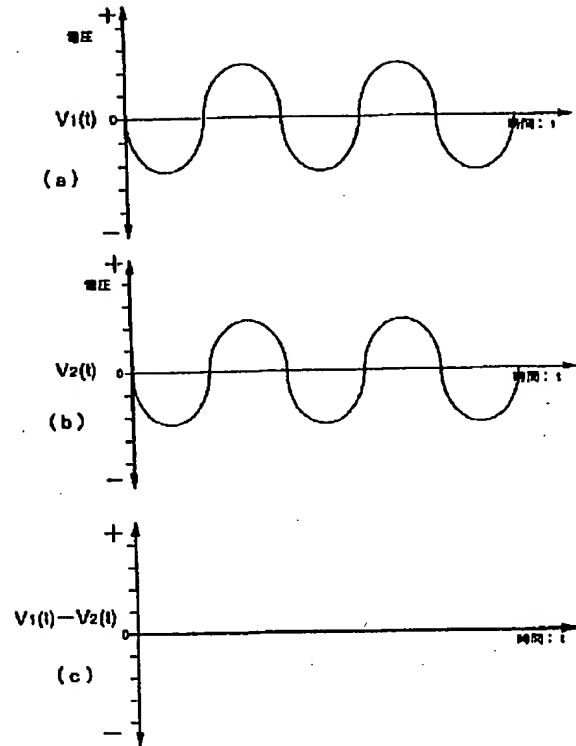




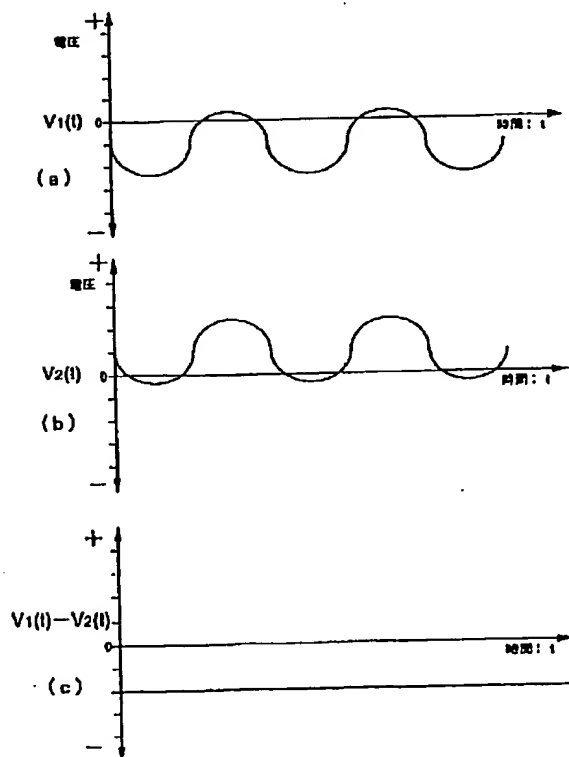
【図3】



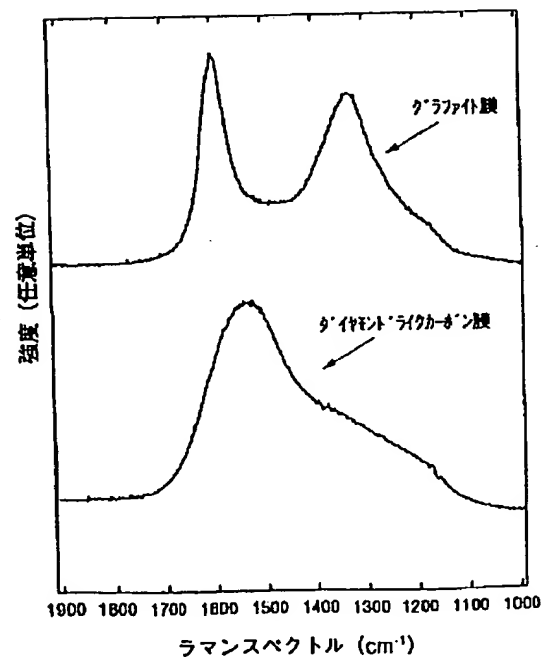
【図4】



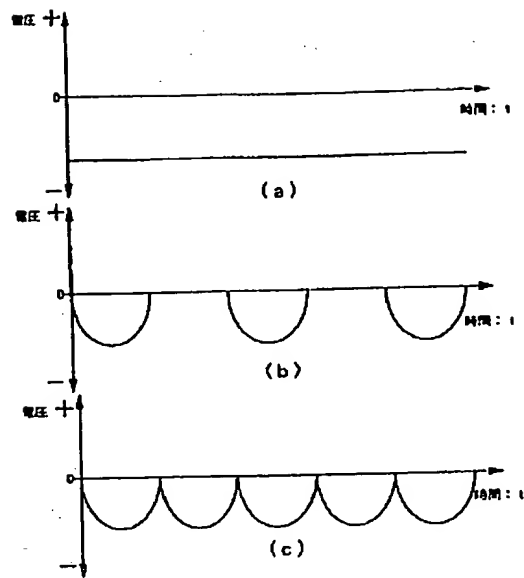
【図5】



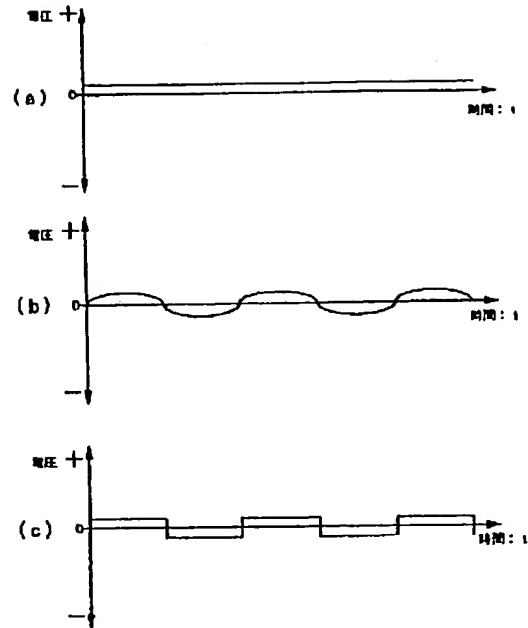
【図6】



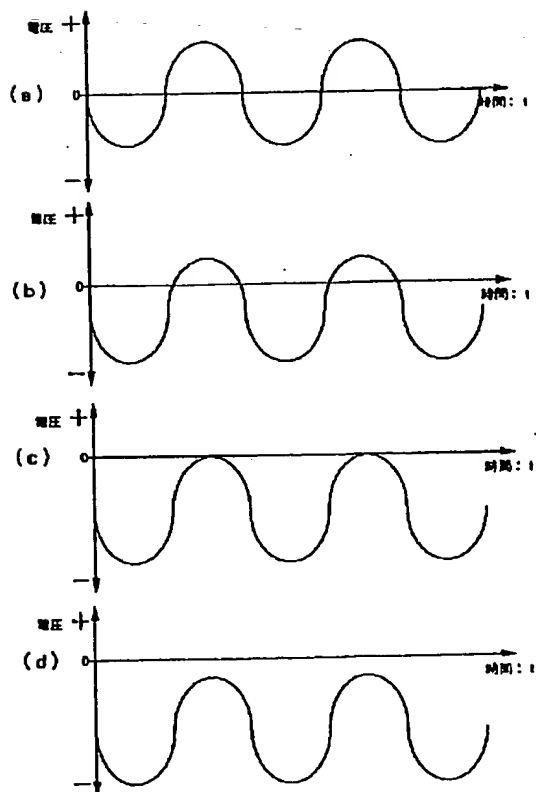
【図7】



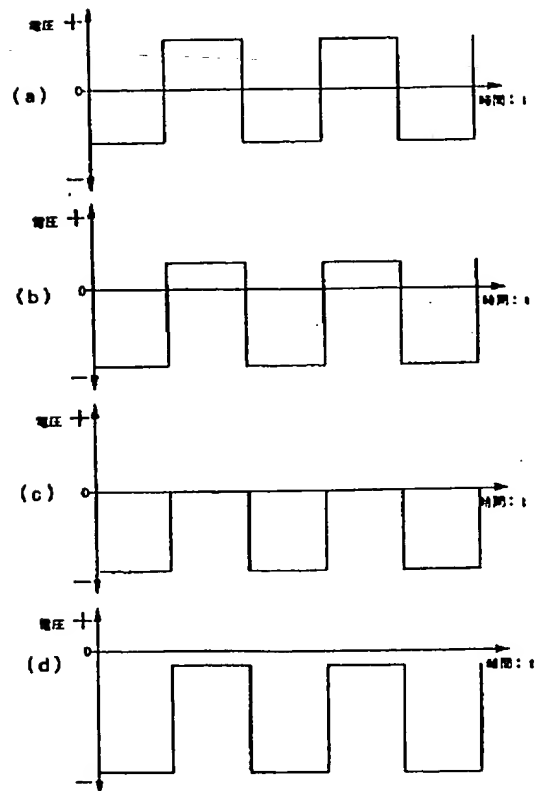
【図8】



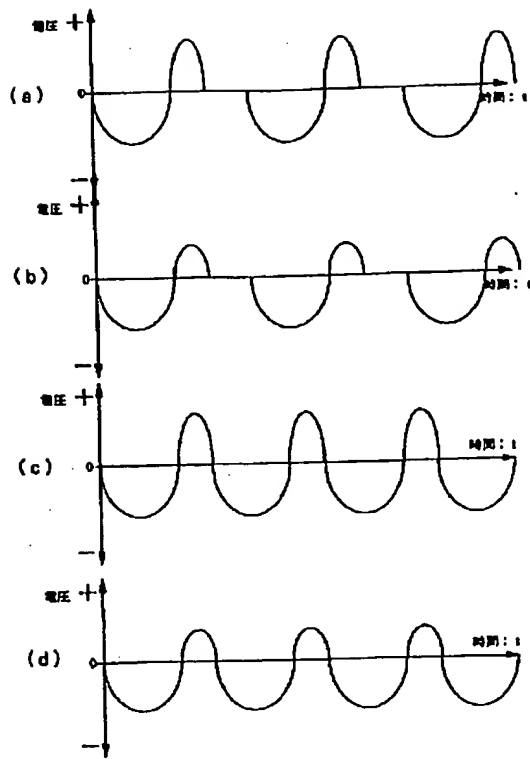
【図9】



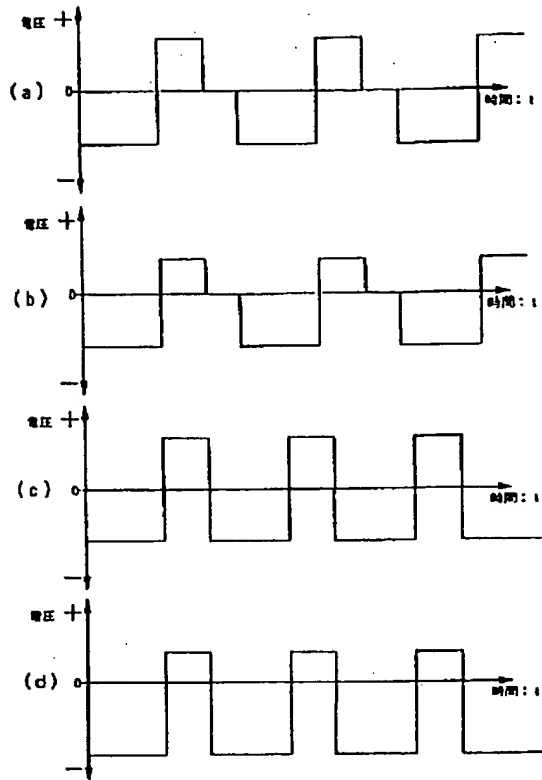
【図10】



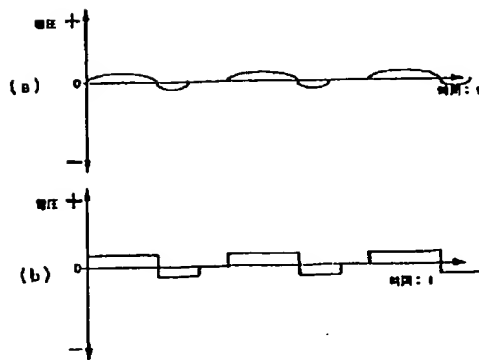
【図11】



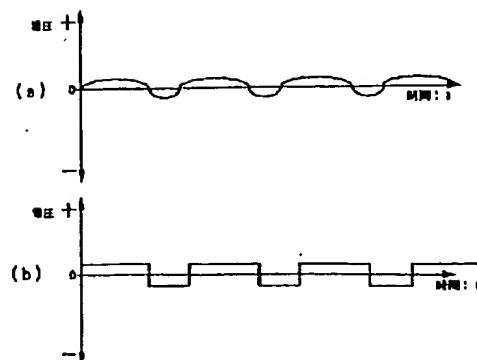
【図12】



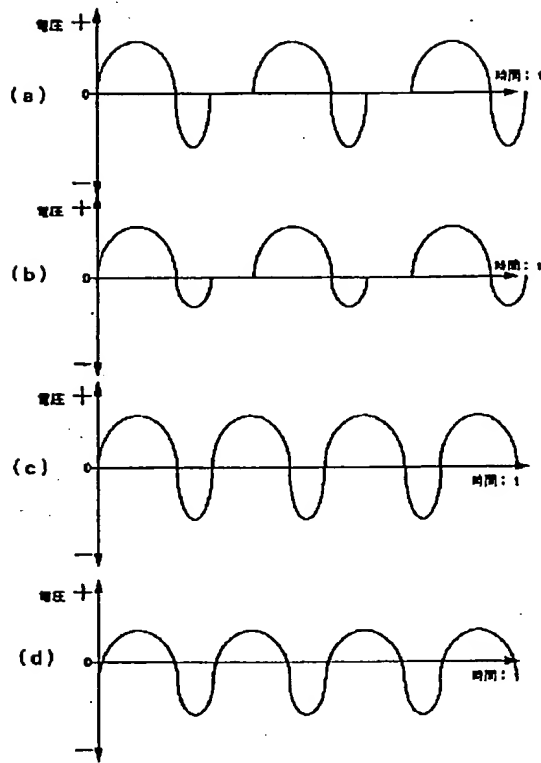
【図13】



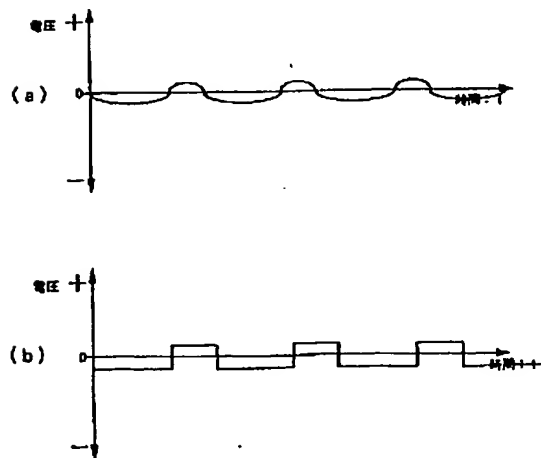
【図14】



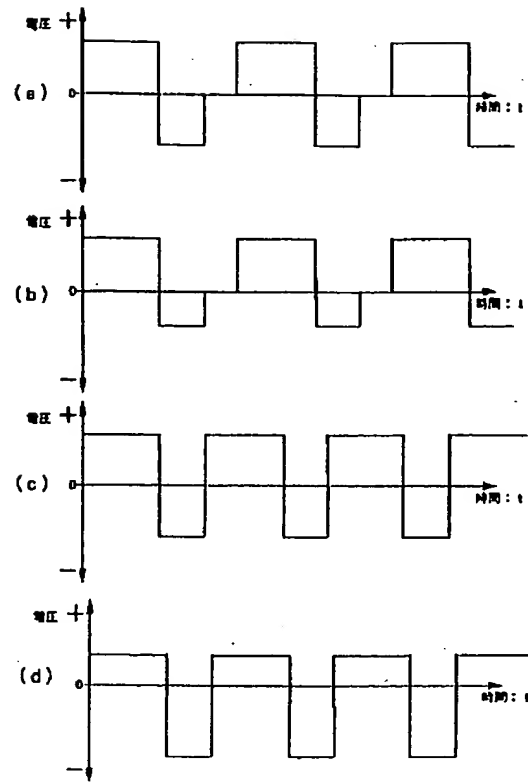
【図15】



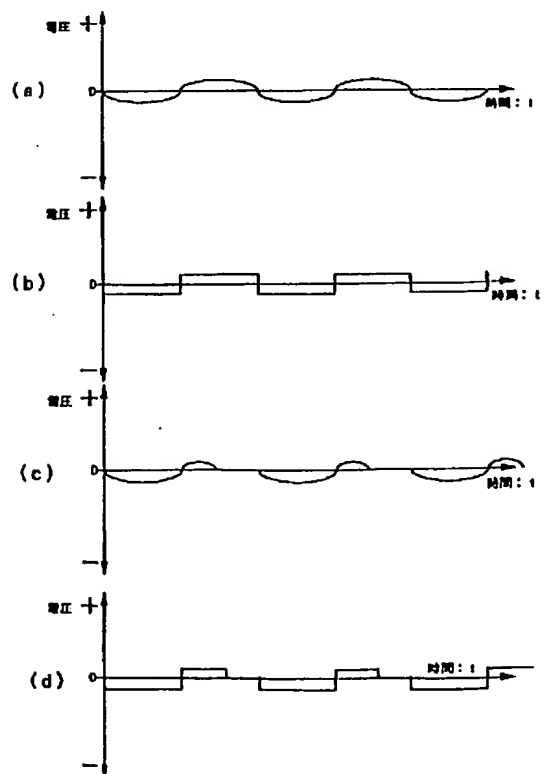
【図18】



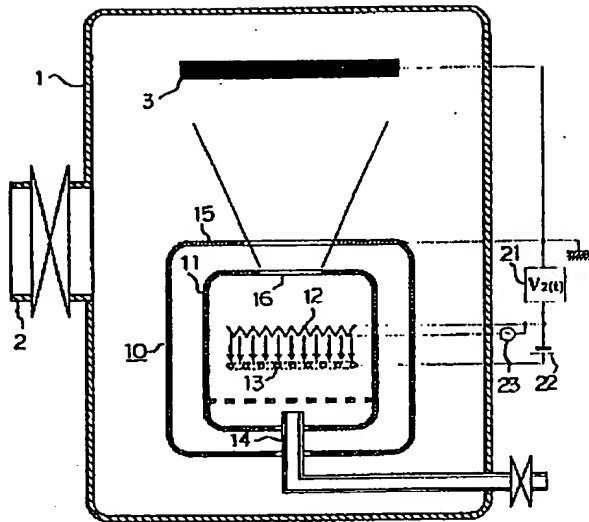
【図16】



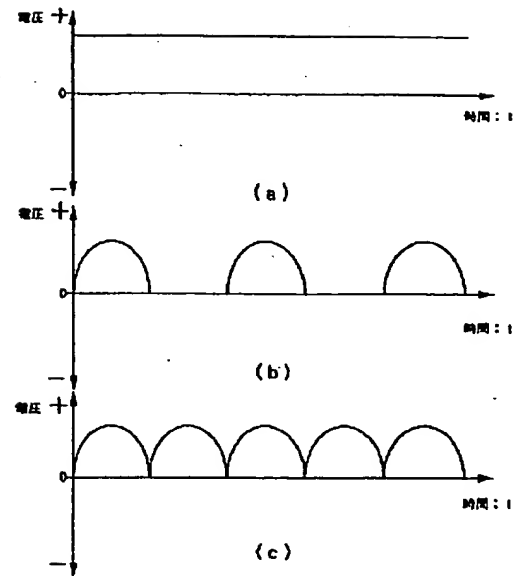
【図17】



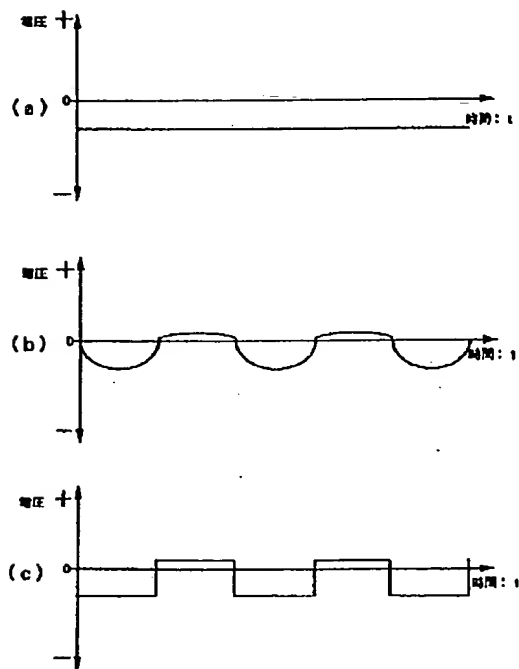
【図19】



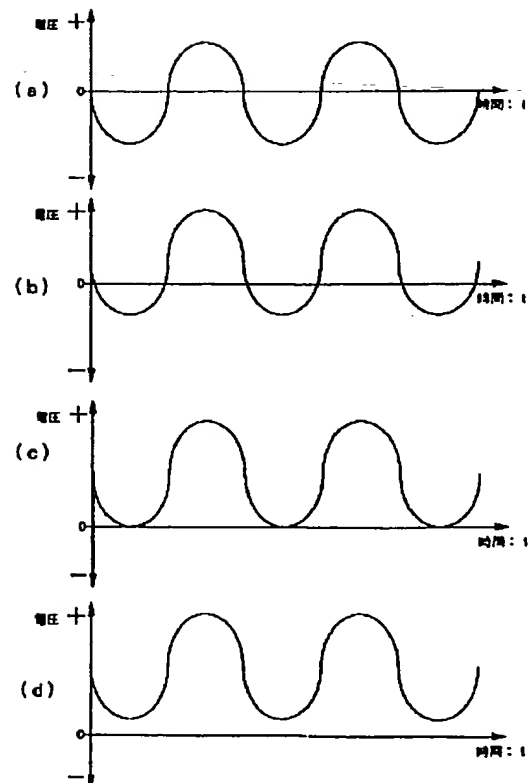
【図20】



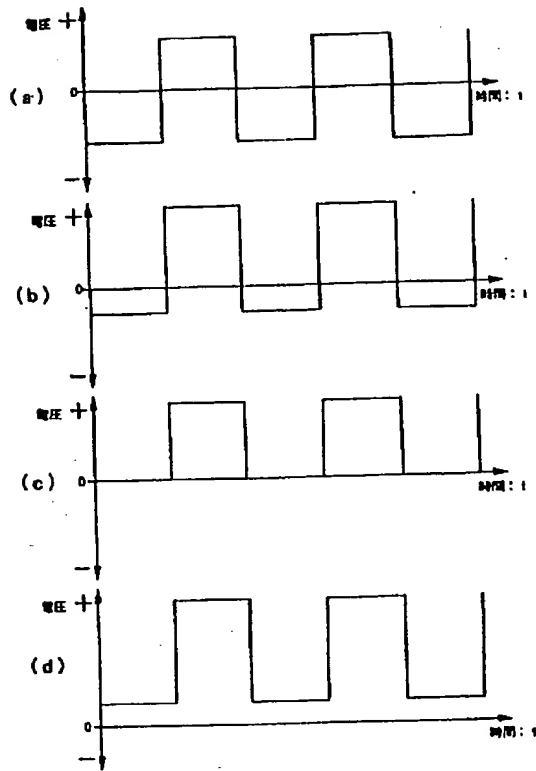
【図21】



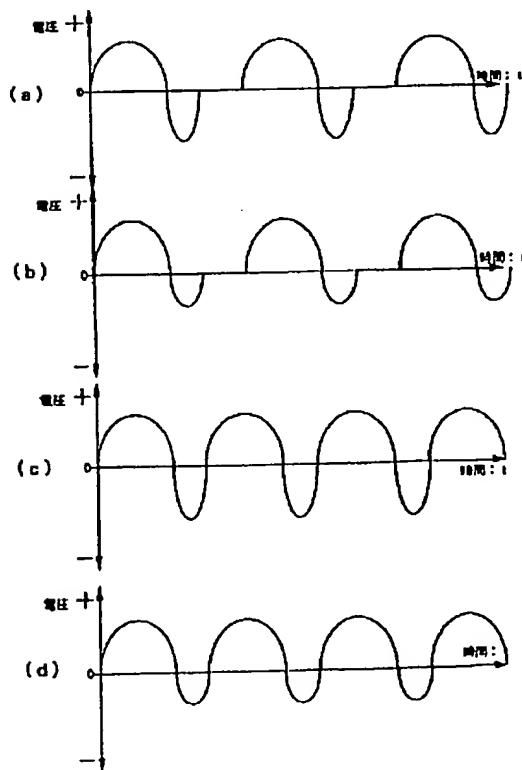
【図22】



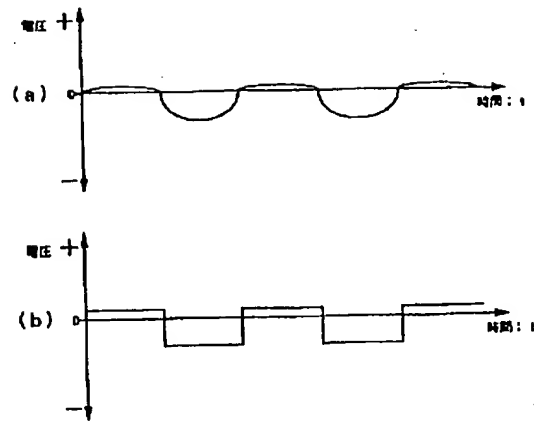
【図23】



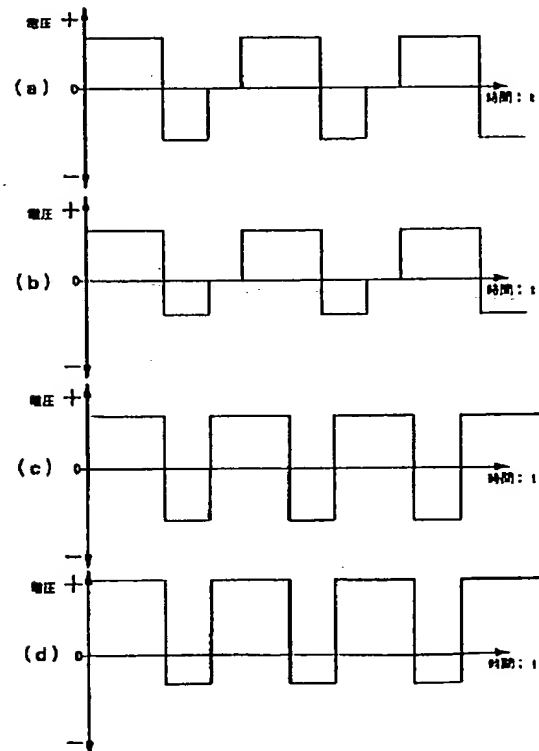
【図25】



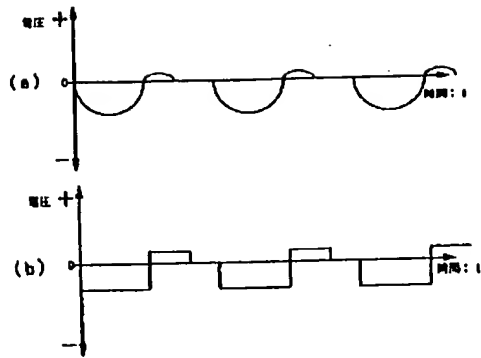
【図24】



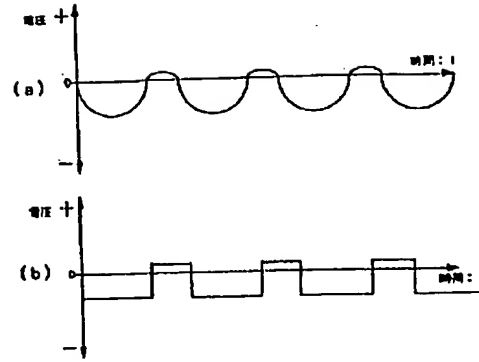
【図26】



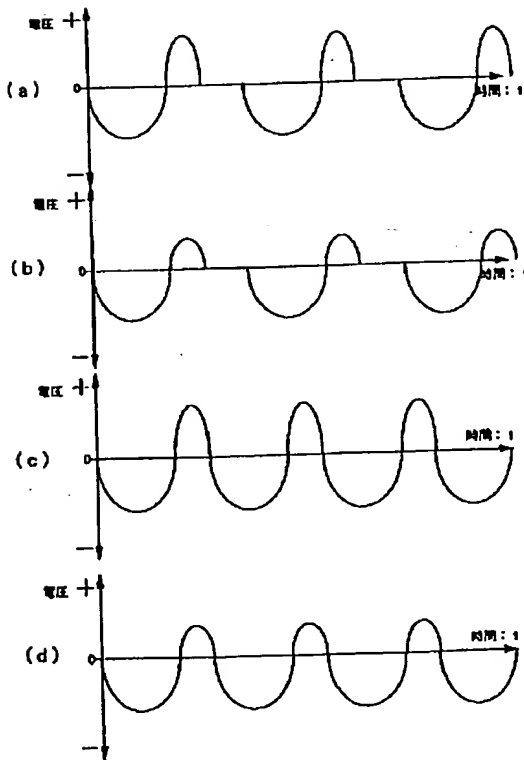
【図27】



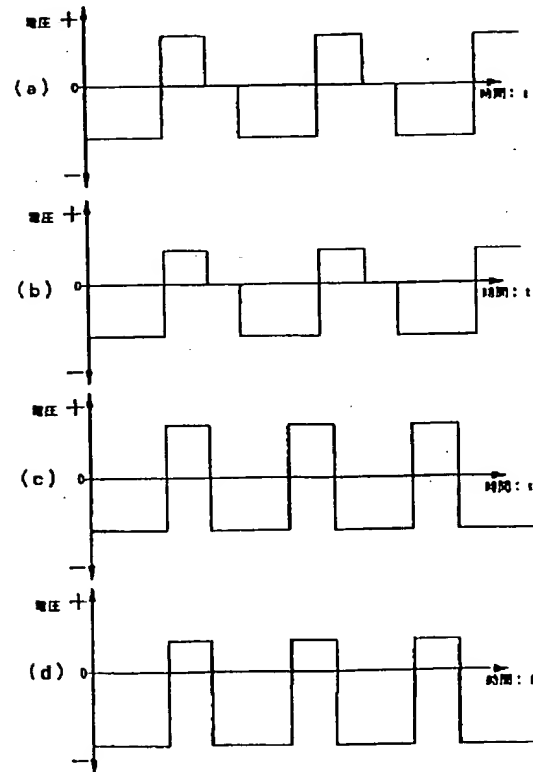
【図28】



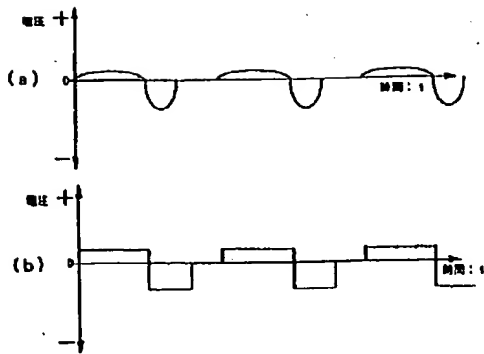
【図29】



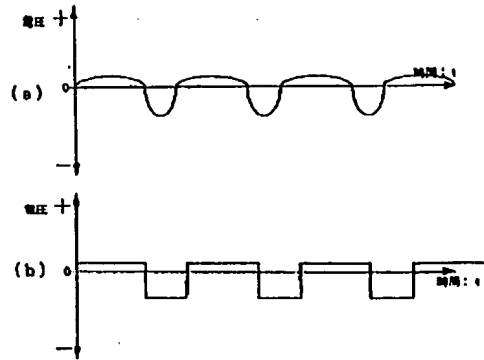
【図30】



【図31】



【図32】



【図33】

